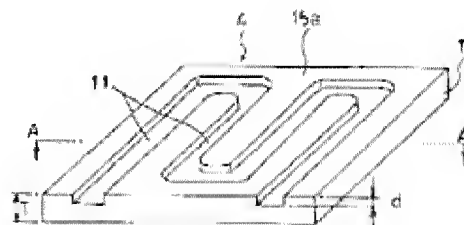


(11)Publication number : **2000-082475**  
(43)Date of publication of application : **21.03.2000**

H01M 8/02  
C01B 31/04

(72)Inventor : UEDA TAKAHISA  
SUGITA KATSUNORI



(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-82475

(P 2 0 0 0 - 8 2 4 7 5 A)

(43)公開日 平成12年3月21日(2000.3.21)

|                          |      |            |              |
|--------------------------|------|------------|--------------|
| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I        | テームコード* (参考) |
| H01M 8/02                |      | H01M 8/02  | B 4G046      |
|                          |      |            | R 5H026      |
| C01B 31/04               | 101  | C01B 31/04 | 101 A        |

審査請求 有 請求項の数5 O L (全12頁)

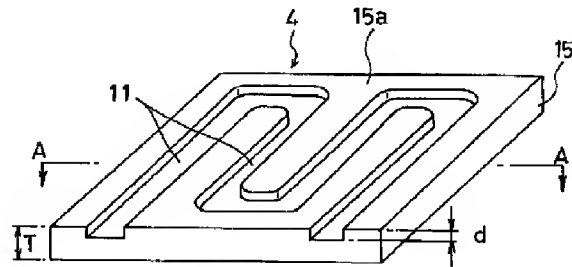
|          |                     |          |  |
|----------|---------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願平10-252469        | (71)出願人  | 000229737<br>日本ビラー工業株式会社<br>大阪府大阪市淀川区野中南2丁目11番48号  |
| (22)出願日  | 平成10年9月7日(1998.9.7) | (72)発明者  | 上田 隆久<br>兵庫県三田市下内神字打場541番地の1<br>日本ビラー工業株式会社三田工場内   |
|          |                     | (72)発明者  | 杉田 克紀<br>兵庫県三田市下内神字打場541番地の1<br>日本ビラー工業株式会社三田工場内   |
|          |                     | (74)代理人  | 100072338<br>弁理士 鈴江 孝一 (外1名)   |
|          |                     | Fターム(参考) | 4G046 EA05 EB13 EC03 EC06 EC08<br>5H026 AA04 AA06 BB00 BB02 BB06<br>CC03 CC08 EE06 HH03 HH05 |

(54)【発明の名称】膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 密度差に起因する歪み、熱伝導特性、電気伝導特性、機械的特性などのばらつきを少なくし複雑形状や大形サイズのセパレータでも、膨張黒鉛本来の諸特性及び寸法精度に優れたものとして電池性能の向上が図れるようにする。

【解決手段】 ジグザグ状溝部11を有する燃料電池用セパレータ4であって、膨張黒鉛シート15の表層部15aのうちジグザグ状溝部11に相当する部分をブラスト加工により予め除去しておき、その除去部分とそれ以外の部分との凹凸形状部分に対応する凹凸形状を有する押し型を用いて全体を均等に加圧成形して溝部11とそれ以外の部分との密度差が30%未満になるように所定形態に成形してなる。



15 : 膨張黒鉛シート  
15a : 表層部

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 厚みが10%以上異なる凹凸部分を有し、その凹部分が燃料ガス及び酸化ガス流路に形成される膨張黒鉛成形体から構成された膨張黒鉛製燃料電池用セパレータであって、

上記成形体が厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差が30%未満になるように成形されていることを特徴とする膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ。

【請求項2】 膨張黒鉛成形体の形態が、シート状もしくは板状のいずれかである請求項1に記載の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ。

【請求項3】 厚みが均一な膨張黒鉛シートの表層部の所定形状部分を除去して該膨張黒鉛シートの表面に燃料ガス及び酸化ガスの流路となる凹部分を含めた凹凸を形成した後、

その凹凸形状部分に相当する凸形状または凹凸形状を有する押し型を用いて少なくとも一部分を加圧して所定の凹凸形態に成形された膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを形成することを特徴とする膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項4】 最終成形体の凸部となる部分の形状に打ち抜き加工した少なくとも1枚の膨張黒鉛シートの両面及び打ち抜き加工を施さず上記膨張黒鉛シートと同一密度を有する膨張黒鉛シートの少なくとも片面表層部を除去した後、

それら両膨張黒鉛シートをその中間部にこれら膨張黒鉛シートの密度よりも低い密度の膨張黒鉛粉体を介在させた状態で積層し、かつ、加圧一体化して形成することを特徴とする膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項5】 上記表層部の所定形状部分の除去手段として、プラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工及びマイクログラインド加工から選択された少なくとも1つの手段を使用する請求項3または4に記載の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

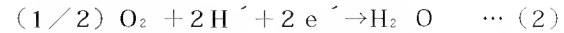
## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として電気自動車等の電池として用いられる燃料電池用セパレータで、詳しくは、例えばイオン交換膜やリン酸からなる電解質膜を両側からアノード（陽極）及びカソード（陰極）で挟んでサンドイッチ構造としたガス拡散電極をさらにその外部両側から挟むとともに、アノード及びカソードとの間に、燃料ガス流路及び酸化ガス流路を形成して燃料電池の構成単位である単セルが構成されている固体高分子電解質型やリン酸型などの燃料電池用セパレータ及びその製造方法に関し、より詳しくは、膨張黒鉛が本来有する耐熱性、耐食性、電気特性（導電性）、熱伝導特性等を有効に利用して所定の電池性能を発揮させるように膨張黒鉛成形体から構成される膨張黒鉛製燃料

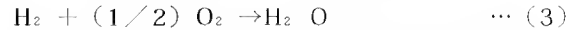
電池用セパレータ及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】燃料電池は、アノードに水素を含有する燃料ガスを供給し、カソードに酸素を含有する酸化ガスを供給することにより、アノード側及びカソード側において、



なる式の電気化学反応を示し、電池全体としては、



なる式の電気化学反応が進行し、このような燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換することで、所定の電池性能を発揮するものである。

【0003】上記のようなエネルギー変換を生じる燃料電池の一種である固体高分子電解質型やリン酸型などの燃料電池用のセパレータとしては、ガス不透過性で、かつ、導電性を有する材料から形成することが要求され、その要求に適った材料として膨張黒鉛を使用することは従来から知られており、これを所定形状に成形することによって燃料電池用セパレータを構成している。

【0004】ところで、この種の膨張黒鉛成形体の成形にあたって、従来では、（a）膨張黒鉛シートをエンボス（型押し）ロールにより加圧して表面に浮彫り加工を施したもの、（b）膨張処理した黒鉛あるいは一度加圧処理して密度アップや造粒した膨張黒鉛を金型内で加圧成形したもの、（c）膨張黒鉛テープを渦巻き状に巻き重ねた後、金型内でリング状に加圧成形したもの、などがある。特に、燃料電池用セパレータのように、表面に凹凸部分を有する膨張黒鉛成形体においては、最終成形体の凹部に相当する高さ及びパターン凸部を有する押し型を使用して膨張黒鉛シートを直接に加圧成形していた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記した従来の膨張黒鉛成形体においては、膨張黒鉛が薄片状の黒鉛を多数集合させたものであり、成形時の金型内での流動性に劣るため、最終成形体の全体形状が平坦なシート状や板状のものでない限り各部の密度差が大きく、この大きな密度差の存在に起因して各部の熱伝導特性、電気特性、機械的特性にばらつきが生じるだけでなく、成形後の復元性にもばらつきがあって、成形体製品の寸法精度が悪いものとなる。したがって、複雑形状や大形サイズ、角形の成形体（製品）については、膨張黒鉛本来の諸特性や寸法精度をばらつき少なく成形することが非常に困難であり、特に、表面に多数の凹凸部分が必要な複雑形状であるだけでなく、燃料ガス及び酸化ガス流路を形成するために緻密かつ高精度な凹凸部分が要求される燃料電池用セパレータを膨張黒鉛成形体から構成する場合は、ガス流路となる凸部分の角部表面に割れや膨れな

どの異常や欠陥を発生しやすくして寸法精度の高い形状に成形することができないとともに、凹凸部分間での密度差が非常に大きくなり、膨張黒鉛本来の電気特性（導電性）及び熱伝導特性が不均一になり、燃料電池の性能面で好ましくない問題があった。

【0006】本発明は上記のような実情に鑑みてなされたもので、厚みの異なる部分間での密度差に起因する熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきを少なくして複雑形状や大形サイズであっても、膨張黒鉛本来の諸特性及び寸法精度に優れた成形体とでき、特に燃料ガス及び酸化ガス流路を非常に高精度に形成して良好な導電性及び熱伝導性を発揮させ電池性能の向上を達成することができる膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ成形体及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータは、厚みが10%以上異なる凹凸部分を有し、その凹部分が燃料ガス及び酸化ガス流路に形成される膨張黒鉛成形体から構成された膨張黒鉛製燃料電池用セパレータであって、上記成形体が厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差が30%未満になるように成形されていることを特徴とするものである。

【0008】上記構成の請求項1に記載の発明によれば、厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差が30%未満であるから、密度差に起因する凹凸部分間での熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきが少なくなり、複雑形状や大形サイズのいずれであっても、その成形体全体に亘って膨張黒鉛が本来有する諸特性を十分に発揮させることが可能となる。このような膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを構成させることで、凹部分からなり、該セパレータの全域に亘る燃料ガス及び酸化ガス流路を非常に高精度に形成してそれら反応ガスの流れをスムーズにすることができるだけでなく、その全域に亘って優れた電気特性及び熱伝導特性を保持することが可能であり、これによって、燃料電池の運転に際してセパレータに要求される均一な導電性能および過熱防止のための冷却性能を十分に発揮させて電池性能の向上を図ることができる。

【0009】ここで、上記成形体の形態としては、請求項2に記載のように、シート状、板状のいずれであってもよい。

【0010】また、請求項3に記載の発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法は、厚みが均一な膨張黒鉛シートの表層部の所定形状部分を除去して該膨張黒鉛シートの表面に燃料ガス及び酸化ガスの流路となる凹部分を含めた凹凸を形成した後、その凹凸形状部分に相当する凸形状または凹凸形状を有する押し型を用いて少なくとも一部分を加圧して所定の凹凸形態に成形された膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを形成す

ることを特徴とするものである。

【0011】上記構成の請求項3に記載の発明によれば、最終成形体の凹部で、燃料電池用セパレータにおける燃料ガス及び酸化ガス流路となる膨張黒鉛シートの表層部を予め除去して表面に凹凸を形成した後、押し型を使用して少なくとも一部分を加圧して所定の凹凸形態に成形するものであるから、従来のように、最終成形体の凹凸に相当する凹凸部を有する押し型を使用して膨張黒鉛シートを直接に加圧成形する場合に比べて、凸部の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥を発生しないですみ、所定の寸法、形状のガス流路を備えた膨張黒鉛成形体（セパレータ）を精度よく製造することが可能であるとともに、凹凸部分間での密度差も非常に小さくして、密度差に起因する凹凸部分間での熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきを小さくすることができる。

【0012】さらに、請求項4に記載の発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法は、最終成形体の凸部となる部分の形状に打ち抜き加工した少なくとも1枚の膨張黒鉛シートの両面及び打ち抜き加工を施さず上記膨張黒鉛シートと同一密度を有する膨張黒鉛シートの少なくとも片面表層部を除去した後、それら膨張黒鉛シートをその中間部にこれら膨張黒鉛シートの密度よりも低い密度の膨張黒鉛粉体を介在させた状態で積層し、かつ、加圧一体化して形成することを特徴とするものである。

【0013】上記構成の請求項4に記載の発明によれば、最終的に燃料電池用セパレータの凸部となる部分の形状に打ち抜き加工され、その両面が除去された膨張黒鉛シートと打ち抜き加工を施さず少なくともその片面表層部が除去された同一密度の膨張黒鉛シートとをそれらの中間部に低密度の膨張黒鉛粉体を介在させた状態で積層し、かつ、加圧一体化するものであって、最終的にセパレータの燃料ガス及び酸化ガス流路用の凹部となる部分が他の部分に比べてより強く加圧されることで、その部分の密度が局部的に大きくなることのないように成形するものであるから、従来のように、最終成形体の凹凸に相当する凹凸部を有する押し型を使用して膨張黒鉛シートを直接に加圧成形する場合に比べて、凸部の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥を発生しないですみ、所定の寸法、形状のガス流路を備えた膨張黒鉛成形体（セパレータ）を精度よく製造することが可能であるとともに、両シートを接着剤無しで積層一体化することが可能となり、凹凸部分間での密度差及び厚み方向での密度差ともに非常に小さくして、密度差に起因する凹凸部分間及び厚み方向での熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきを小さくすることができる。

【0014】なお、上記請求項3または4に記載の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法における膨張黒鉛シートの表層部の除去手段として、請求項5に記載の

ように、プラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工及びマイクログラインド加工等の手段を使用するときは、所定の凹凸形状部分を正確に形成することが可能であり、特に請求項4に記載の製造方法の場合は、表層部へのプラスト加工に伴って高密度で高配向された膨張黒鉛粒子の一部を除去すると同時に、その折り畳み層を起立状態に拡張させて両膨張黒鉛シート同士を接着剤無しでも強力に接合一体化することが可能となり、全体厚みの大きい成形体であっても、その厚み方向での密度差が非常に少ない製品を容易かつ安価に製造することができ

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面にもとづいて説明する。まず最初に、本発明の膨張黒鉛製セパレータの一実施形態として固体高分子電解質型燃料電池の構成及び動作について図1～図3を参照して簡単に説明する。固体高分子電解質型燃料電池20は、例えばフッ素系樹脂より形成されたイオン交換膜である電解質膜1と、炭素繊維糸で織成したカーボクロスやカーボンペーパーあるいはカーボンフェルトにより形成され、上記電解質膜1を両側から挟みサンドイッチ構造をなすガス拡散電極となるアノード2及びカソード3と、そのサンドイッチ構造をさらに両側から挟む膨張黒鉛成形体からなるセパレータ4、4とから構成される単セル5の複数組を積層し、その両端に図示省略した集電板を配置したスタック構造に構成されている。

【0016】上記膨張黒鉛成形体から構成される両セパレータ4は、図2に明示するように、その周辺部に、水素を含有する燃料ガス孔6、7と酸素を含有する酸化ガス孔8、9と冷却水孔10とが形成されており、上記単セル5の複数組を積層した時、各セパレータ4の各孔6、7、8、9、10がそれぞれ燃料電池20内部をその長手方向に貫通して燃料ガス供給マニホールド、燃料ガス排出マニホールド、酸化ガス供給マニホールド、酸化ガス排出マニホールド、冷却水路を形成するようになされている。

【0017】また、上記両セパレータ4の表面には、ジグザグ状の溝部11が形成されており、図3に明示するように、上記ジグザグ状溝部11とアノード2の表面との間に燃料ガス流路12が形成されるとともに、ジグザグ状溝部11とカソード3の表面との間に酸化ガス流路13が形成されている。

【0018】上記構成の固体高分子電解質型燃料電池20においては、外部に設けられた燃料ガス供給装置から燃料電池20に対して供給された水素を含有する燃料ガスが上記燃料ガス供給マニホールドを経由して各単セル5の燃料ガス流路12に供給されて各単セル5のアノード2側において既述(1)式で示したとおりの電気化学反応を呈し、その反応後の燃料ガスは各単セル5の燃料ガス流路12から上記燃料ガス排出マニホールドを経由

して外部に排出される。同時に、外部に設けられた酸化ガス供給装置から燃料電池20に対して供給された酸素を含有する酸化ガス(空気)が上記酸化ガス供給マニホールドを経由して各単セル5の酸化ガス流路13に供給されて各単セル5のカソード3側において既述(2)式で示したとおりの電気化学反応を呈し、その反応後の酸化ガスは各単セル5の酸化ガス流路13から上記酸化ガス排出マニホールドを経由して外部に排出される。

【0019】上記(1)及び(2)式の電気化学反応に伴い、燃料電池20全体としては既述(3)式で示した電気化学反応が進行して、燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換することで、所定の電池性能が発揮される。なお、この燃料電池20は、電解質膜1の性質から約80～100℃の温度範囲で運転されるために発熱を伴う。そこで、燃料電池20の運転中は、外部に設けられた冷却水供給装置から該燃料電池20に対して冷却水を供給し、これを上記冷却水路に循環させることによって、燃料電池20内部の温度上昇を抑制している。

【0020】次に、上記のような構成及び動作を有する固体高分子電解質型燃料電池20におけるセパレータ4の製造方法について説明する。図4は本発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4の一例を示す外観斜視図、図5は図4のA-A線に沿った縦断面図であり、この膨張黒鉛製燃料電池セパレータ4は、全体が矩形状で厚みが均一な図4に示すような膨張黒鉛シート15の表層部分15aのうち、燃料ガス流路12及び酸化ガス流路13を形成する部分にマイクロプラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工、マイクログラインド加工等の手段を施してその部分を除去することにより、全体の厚みTに対して10%以上の深さdを有するジグザグ状溝部11を形成した後、上記表層部分15a及びジグザグ状溝部11からなる凹凸部分に相当する凹凸形状を有する押し型14を用いて少なくとも一部を均等に加圧して凹凸部分間の密度差が30%未満、好ましくは10%未満になるように所定の形態に成形した膨張黒鉛成形体から構成されている。

【0021】上記構成の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4では、膨張黒鉛シート15の表層部分15aにジグザグ状溝部11を高精度に形成することが可能であり、したがって、そのジグザグ状溝部11から形成される燃料ガス流路12及び酸化ガス流路13内に燃料ガス及び酸化ガスをスムーズに流動させるとともに、上記した単セル5の複数組を積層してスタック構造に構成された固体高分子電解質型燃料電池20が発生した電気を密度差の小さい膨張黒鉛シート15の電気伝導特性を利用して良好に伝導させ、優れた電池性能を発揮させることが可能である。

#### 【0022】

【実験例】実施例1：図6に示すような市販されている

膨張黒鉛シート15（厚み $T1=1.5\text{ mm}$ 、密度 $1.0\text{ g/cm}^3$ ）を使用して、その片側表面に深さ $d1=0.5\text{ mm}$ 、幅 $w=1\text{ mm}$ のジグザグ状の溝パターンPをマイクロブラスト加工にて除去して形成し、その後、上記溝パターンPに相当する凸部を有する押し型を使用して全体をプレス加圧することで、図4及び図5に示すように、全体の厚み $T=1.13\text{ mm}$ で、深さ $d=0.33\text{ mm}$ のジグザグ状溝部11を有する膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4を成形した。この実施例1の燃料電池用セパレータ4では、ジグザグ状溝部11とそれ以外

の部分との密度差が $\pm 10\%$ 以内となり、また、正確なパターンで高精度なジグザグ状溝部11を形成することが可能で、全面に亘って均一な導電性能を発揮させることができる。

【0023】実施例2：最終成形体、つまり、セパレータ4の凸部となる部分の形状に打ち抜いた厚み $t0.38\text{ mm}$ 、密度 $1.0\text{ g/cm}^3$ の膨張黒鉛シート15Aの3枚と、打ち抜き加工が施されてなく、上記膨張黒鉛シート15Aと同一厚み（ $t=0.38\text{ mm}$ ）、同一密度（ $1.0\text{ g/cm}^3$ ）の膨張黒鉛シート15Bの1枚とを準備し、これら4枚の各シート15A、15Bの表裏両面をマイクロブラスト加工して3重量%を除去した後、各シート15A、15Bの中間部にそれぞれこれら膨張黒鉛シート15A、15Bの密度よりも低い密度（ $0.01\text{ g/cm}^3$ ）の膨張黒鉛粒体を介在させた状態で4枚の膨張黒鉛シート15A、15Bを積層し、かつ、加圧成形して接着剤無しで互に一体化することにより、図7に示すように、全体の厚み $T=1.0\text{ mm}$ で、深さ $d=0.75\text{ mm}$ のジグザグ状溝部11を有し、密度 $1.5\text{ g/cm}^3$ の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4を成形した。この実施例2の燃料電池用セパレータ4では、ジグザグ状溝部11とそれ以外の部分との密度差が $\pm 8\%$ 以内となり、全面に亘って均一な電気伝導特性を発揮させることができるとともに、溝部11の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥は全く観察されず、所定の寸法、形状のガス流路12、13を備えたセパレータ4を精度よく製造することが可能である。

【0024】従来品1：厚み $t0.38\text{ mm}$ 、密度 $1.0\text{ g/cm}^3$ の膨張黒鉛シート15Aの4枚を接着剤16を使用して接着一体化して図8に示すような厚み $1.52\text{ mm}$ の膨張黒鉛シート15を作製し、この膨張黒鉛シート15を、最終成形体に必要な深さ $d=0.75\text{ mm}$ のジグザグ状溝部のパターンに相当する凸部を有する押し型を使用して加圧成形して最終成形体である図9に示すような膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4を成形した。この従来品1の成形方法では、ジグザグ状溝部11として、 $0.5\text{ mm}$ 以上の深さに形成することが困難であるばかりでなく、深さが $0.5\text{ mm}$ 未満であっても、ジグザグ状溝11の角部表面には割れや膨れ等の異常や欠陥xが多く発生するとともに、ジグザグ状溝部11と

それ以外の部分との密度差が $30\%$ を越えるものとなり、全面に亘って電気伝導特性が不均一なものとなった。

【0025】なお、上記実施例1及び実施例2は、共に膨張黒鉛成形体の形態がシート状のものである場合について説明したが、この他に厚さの大きい板状の膨張黒鉛成形体に適用しても同様な効果を奏するものである。

【0026】また、上記実施例2においては、膨張黒鉛シート15A、15Bの積層一体化を接着剤無しで行なっているが、導電性を有するフェノール系やエポキシ系等の樹脂接着剤を併用してもよいことももちろんである。

【0027】さらに、上記図1～7に示される溝パターンは、単なる一例に過ぎず、本発明はそれに限定されるものでなく、直線状の溝パターンなどであってもよい。

【0028】

【発明の効果】以上のように、請求項1及び2に記載の発明によれば、厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差を $30\%$ 未満になるように成形した膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを構成しているので、密度差に起因する凹凸部分間での歪や反り、熱伝導特性、電気伝導特性、機械的特性などのばらつきを非常に少なくすることが可能となり、複雑形状や大形サイズのセパレータであっても、そのセパレータ（製品）全体に亘って膨張黒鉛が本来有する諸特性を十分に発揮させることができるとともに、殊に燃料ガス及び酸化ガス流路を非常に高精度に形成してセパレータ全体の寸法精度の向上を図ることができる。したがって、燃料電池用セパレータとして使用した場合、その全域に亘って優れた導電性能、冷却性能を保持させて電池性能の向上を図ることができるという効果を奏する。

【0029】また、請求項3～5に記載の発明によれば、凸部の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥を発生することなく、所定の寸法、形状の膨張黒鉛成形体を精度よく製造することができ、燃料ガス及び酸化ガスの流れを正常、円滑にできるとともに、凹凸部分間での密度差も非常に小さくして、密度差に起因する凹凸部分間での熱伝導特性、電気伝導特性、機械的特性などのばらつきが小さく、膨張黒鉛の持つ諸特性を十分に活用できる燃料電池用セパレータを容易に製造することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のセパレータを備えた固体高分子電解質型燃料電池を構成するスタック構造の構成を示す分解斜視図である。

【図2】同上固体高分子電解質型燃料電池におけるセパレータの外観正面図である。

【図3】同上固体高分子電解質型燃料電池の構成単位である単セルの構成を示す要部の拡大断面図である。

【図4】本発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの一例で、実施例1の相当品であるセパレータの外観斜

視図である。

【図5】図4のA-A線に沿った縦断面図である。

【図6】図4、図5の燃料電池用セパレータの基材として用いられる膨張黒鉛シートを斜視図である。

【図7】実施例2の相当品である燃料電池用セパレータの外観斜視図である。

【図8】従来品1の相当品である燃料電池用セパレータの基材として用いられる膨張黒鉛シートの縦断面図である。

【図9】図8の膨張黒鉛シート基材を用いて成形された従来品1の相当品である燃料電池用セパレータの外観斜

視図である。

【符号の説明】

4 膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ

11 ジグザグ状溝部 (四部分の例)

12 燃料ガス流路

13 酸化ガス流路

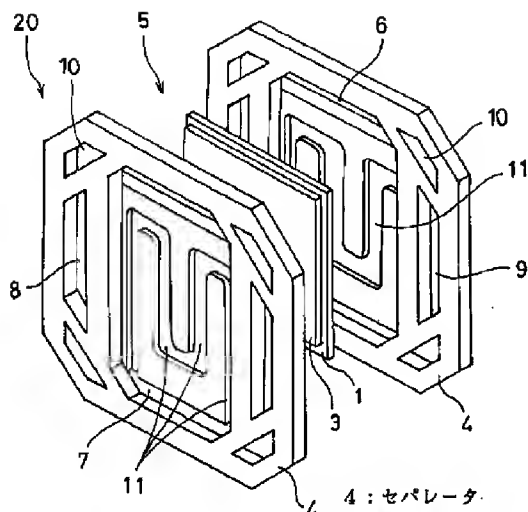
14 押し型

15, 15A, 15B 膨張黒鉛シート

15a 表層部 (凸部分の例)

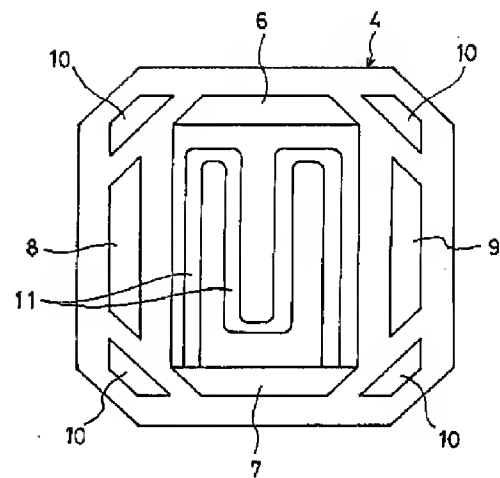
20 固体高分子電解質型燃料電池

【図1】

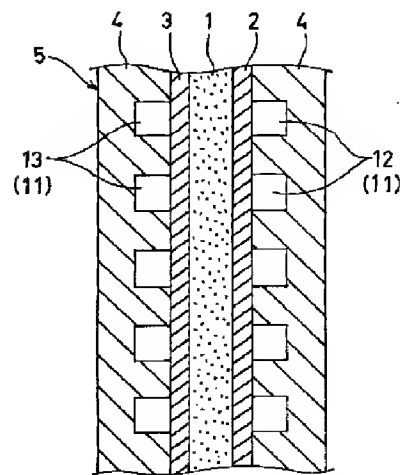


4 : セパレータ  
5 : 単セル  
11 : ジグザグ状溝部  
20 : 燃料電池

【図2】

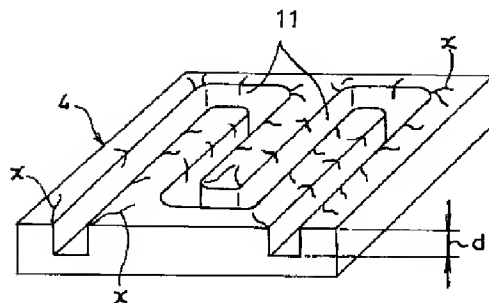


【図3】

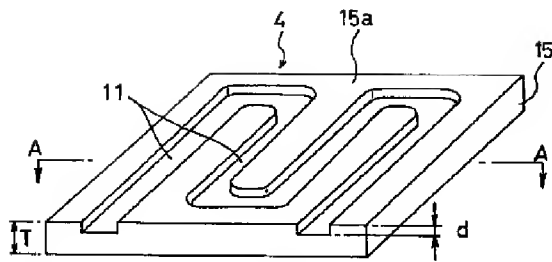


12 : 燃料ガス流路  
13 : 酸化ガス流路

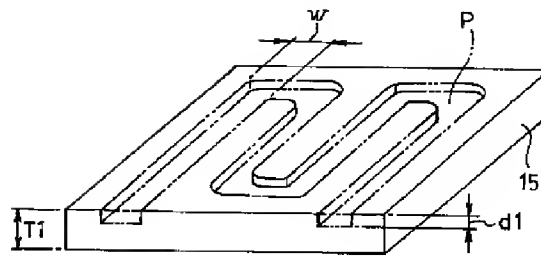
【図9】



【図4】

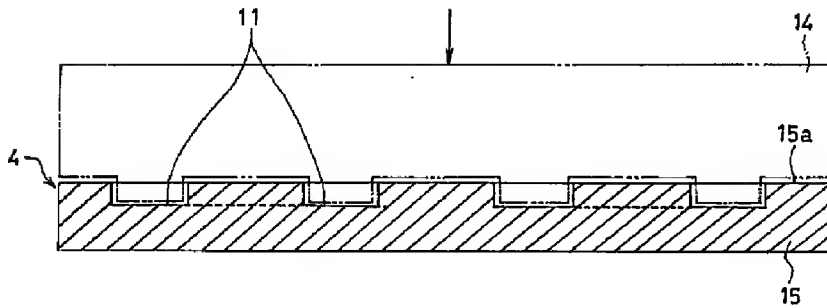


【図6】

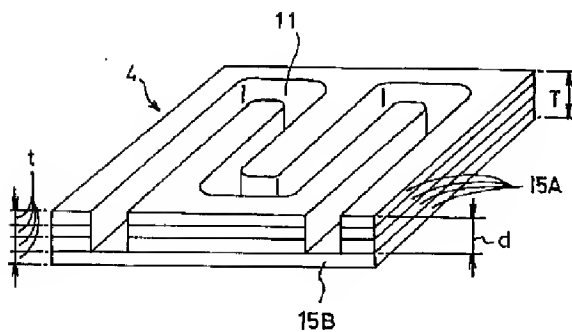


15 : 膨張黒鉛シート  
15a : 表層部

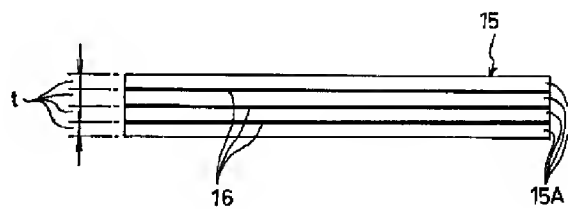
【図5】



【図7】



【図8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年8月2日（1999.8.2）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ及び

## その製造方法

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 厚みが10%以上異なる凹凸部分を有し、その凹部分が燃料ガス及び酸化ガス流路に形成される膨張黒鉛成形体から構成された膨張黒鉛製燃料電池用セパレータであって、  
上記成形体が厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差が30%未満になるように成形されていることを特



徴とする膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ。

【請求項2】 膨張黒鉛成形体の形態が、シート状もしくは板状のいずれかである請求項1に記載の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ。

【請求項3】 厚みが均一な膨張黒鉛シートの表層部の所定形状部分をプラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工及びマイクログラインド加工から選択された少なくとも1つの手段で除去して該膨張黒鉛シートの表面に燃料ガス及び酸化ガスの流路となる凹部分を含めた凹凸を形成した後、

その凹凸形状部分に相当する凸形状または凹凸形状を有する押し型を用いて少なくとも一部分を加圧して所定の凹凸形態に成形された膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを形成することを特徴とする膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項4】 最終成形体の凸部となる部分の形状に打ち抜き加工した少なくとも1枚の膨張黒鉛シートの両面及び打ち抜き加工を施さず上記膨張黒鉛シートと同一密度を有する膨張黒鉛シートの少なくとも片面表層部を除去した後、

それら両膨張黒鉛シートをその中間部にこれら膨張黒鉛シートの密度よりも低い密度の膨張黒鉛粉体を介在させた状態で積層し、かつ、加圧一体化して形成することを特徴とする膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法。

【請求項5】 上記表層部の所定形状部分の除去手段として、プラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工及びマイクログラインド加工から選択された少なくとも1つの手段を使用する請求項4に記載の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

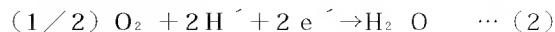
【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として電気自動車用等の電池として用いられる燃料電池用セパレータで、詳しくは、例えばイオン交換膜やリン酸からなる電解質膜を両側からアノード（陽極）及びカソード（陰極）で挟んでサンドイッチ構造としたガス拡散電極をさらにその外部両側から挟むとともに、アノード及びカソードとの間に、燃料ガス流路及び酸化ガス流路を形成して燃料電池の構成単位である単セルが構成されている固体高分子電解質型やリン酸型などの燃料電池用セパレータ及びその製造方法に関し、より詳しくは、膨張黒鉛が本来有する耐熱性、耐食性、電気特性（導電性）、熱伝導特性等を有効に利用して所定の電池性能を発揮させるように膨張黒鉛成形体から構成される膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】燃料電池は、アノードに水素を含有する燃料ガスを供給し、カソードに酸素を含有する酸化ガス

を供給することにより、アノード側及びカソード側において、



なる式の電気化学反応を示し、電池全体としては、



なる式の電気化学反応が進行し、このような燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換することで、所定の電池性能を発揮するものである。

【0003】上記のようなエネルギー変換を生じる燃料電池の一種である固体高分子電解質型やリン酸型などの燃料電池用のセパレータとしては、ガス不透過性で、かつ、導電性を有する材料から形成することが要求され、その要求に適った材料として膨張黒鉛を使用することは従来から知られており、これを所定形状に成形することによって燃料電池用セパレータを構成している。

【0004】ところで、この種の膨張黒鉛成形体の成形にあたって、従来では、（a）膨張黒鉛シートをエンボス（型押し）ロールにより加圧して表面に浮彫り加工を施したもの、（b）膨張処理した黒鉛あるいは一度加圧処理して密度アップや造粒した膨張黒鉛を金型内で加圧成形したもの、（c）膨張黒鉛テープを渦巻き状に巻き重ねた後、金型内でリング状に加圧成形したもの、などがある。特に、燃料電池用セパレータのように、表面に凹凸部分を有する膨張黒鉛成形体においては、最終成形体の凹部に相当する高さ及びパターンの凸部を有する押し型を使用して膨張黒鉛シートを直接に加圧成形していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記した従来の膨張黒鉛成形体においては、膨張黒鉛が薄片状の黒鉛を多数集合させたものであり、成形時の金型内での流動性に劣るため、最終成形体の全体形状が平坦なシート状や板状のものでない限り各部の密度差が大きく、この大きな密度差の存在に起因して各部の熱伝導特性、電気特性、機械的特性にばらつきが生じるだけでなく、成形後の復元性にもばらつきがあって、成形体製品の寸法精度が悪いものとなる。したがって、複雑形状や大形サイズ、角形の成形体（製品）については、膨張黒鉛本来の諸特性や寸法精度をばらつき少なく成形することが非常に困難であり、特に、表面に多数の凹凸部分が必要な複雑形状であるだけでなく、燃料ガス及び酸化ガス流路を形成するために緻密かつ高精度な凹凸部分が要求される燃料電池用セパレータを膨張黒鉛成形体から構成する場合は、ガス流路となる凸部分の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥を発生しやすく寸法精度の高い形状に成形することができなるとともに、凹凸部分間での密度差が非常に大きくなり、膨張黒鉛本来の電気特性（導電性）及び熱伝導特性が不均一になり、燃料電池の性能面で好ましくない問題があった。

【0006】本発明は上記のような実情に鑑みてなされたもので、厚みの異なる部分間での密度差に起因する熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきを少なくして複雑形状や大形サイズであっても、膨張黒鉛本来の諸特性及び寸法精度に優れた成形体とでき、特に燃料ガス及び酸化ガス流路を非常に高精度に形成して良好な導電性及び熱伝導性を発揮させ電池性能の向上を達成することができる膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ成形体及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータは、厚みが10%以上異なる凹凸部分を有し、その凹部分が燃料ガス及び酸化ガス流路に形成される膨張黒鉛成形体から構成された膨張黒鉛製燃料電池用セパレータであって、上記成形体が厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差が30%未満になるように形成されていることを特徴とするものである。

【0008】上記構成の請求項1に記載の発明によれば、厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差が30%未満であるから、密度差に起因する凹凸部分間での熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきが少なくなり、複雑形状や大形サイズのいずれであっても、その成形体全体に亘って膨張黒鉛が本来有する諸特性を十分に発揮させることが可能となる。このような膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを構成させることで、凹部分からなり、該セパレータの全域に亘る燃料ガス及び酸化ガス流路を非常に高精度に形成してそれら反応ガスの流れをスムーズにすることができるだけでなく、その全域に亘って優れた電気特性及び熱伝導特性を保持することが可能であり、これによって、燃料電池の運転に際してセパレータに要求される均一な導電性能および過熱防止のための冷却性能を十分に発揮させて電池性能の向上を図ることができる。

【0009】ここで、上記成形体の形態としては、請求項2に記載のように、シート状、板状のいずれであってもよい。

【0010】また、請求項3に記載の発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法は、厚みが均一な膨張黒鉛シートの表層部の所定形状部分をブラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工及びマイクログラインド加工から選択された少なくとも1つの手段で除去して該膨張黒鉛シートの表面に燃料ガス及び酸化ガスの流路となる凹部分を含めた凹凸を形成した後、その凹凸形状部分に相当する凸形状または凹凸形状を有する押し型を用いて少なくとも一部分を加圧して所定の凹凸形態に形成された膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを形成することを特徴とするものである。

【0011】上記構成の請求項3に記載の発明によれば、最終成形体の凹部で、燃料電池用セパレータにおけ

る燃料ガス及び酸化ガス流路となる膨張黒鉛シートの表層部を予めブラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工及びマイクログラインド加工から選択された少なくとも1つの手段で除去することにより膨張黒鉛シートの表面に所定の凹凸形状部分を正確に形成することが可能であり、このように表面に所定形状の凹凸を形成した後、押し型を使用して少なくとも一部分を加圧して所定の凹凸形態に成形するものであるから、従来のように、最終成形体の凹凸に相当する凹凸部を有する押し型を使用して膨張黒鉛シートを直接に加圧成形する場合に比べて、凸部の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥を発生しないですみ、所定の寸法、形状のガス流路を備えた膨張黒鉛成形体（セパレータ）を精度よく製造することが可能であるとともに、凹凸部分間での密度差も非常に小さくして、密度差に起因する凹凸部分間での熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきを小さくすることができる。

【0012】さらに、請求項4に記載の発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法は、最終成形体の凸部となる部分の形状に打ち抜き加工した少なくとも1枚の膨張黒鉛シートの両面及び打ち抜き加工を施さず上記膨張黒鉛シートと同一密度を有する膨張黒鉛シートの少なくとも片面表層部を除去した後、それら膨張黒鉛シートをその中間部にこれら膨張黒鉛シートの密度よりも低い密度の膨張黒鉛粉体を介在させた状態で積層し、かつ、加圧一体化して形成することを特徴とするものである。

【0013】上記構成の請求項4に記載の発明によれば、最終的に燃料電池用セパレータの凸部となる部分の形状に打ち抜き加工され、その両面が除去された膨張黒鉛シートと打ち抜き加工を施さず少なくともその片面表層部が除去された同一密度の膨張黒鉛シートとをそれらの中間部に低密度の膨張黒鉛粉体を介在させた状態で積層し、かつ、加圧一体化するものであって、最終的にセパレータの燃料ガス及び酸化ガス流路用の凹部となる部分が他の部分に比べてより強く加圧されることで、その部分の密度が局部的に大きくなることのないように成形するものであるから、従来のように、最終成形体の凹凸に相当する凹凸部を有する押し型を使用して膨張黒鉛シートを直接に加圧成形する場合に比べて、凸部の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥を発生しないですみ、所定の寸法、形状のガス流路を備えた膨張黒鉛成形体（セパレータ）を精度よく製造することが可能であるとともに、両シートを接着剤無しで積層一体化することが可能となり、凹凸部分間での密度差及び厚み方向での密度差ともに非常に小さくして、密度差に起因する凹凸部分間及び厚み方向での熱伝導特性、電気特性、機械的特性などのばらつきを小さくすることができる。

【0014】なお、上記請求項4に記載の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータの製造方法における膨張黒鉛シート

の表層部の除去手段として、請求項5に記載のように、プラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工及びマイクログラインド加工等の手段を使用するときは、所定の凹凸形状部分を正確に形成することが可能であり、特に、表層部へのプラスト加工に伴って高密度で高配向された膨張黒鉛粒子の一部を除去すると同時に、その折り畳み層を起立状態に拡開させて両膨張黒鉛シート同士を接着剤無しでも強力に接合一体化することが可能となり、全体厚みの大きい成形体であっても、その厚み方向での密度差が非常に少ない製品を容易かつ安価に製造することができる。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面にもとづいて説明する。まず最初に、本発明の膨張黒鉛製セパレータの一実施形態として固体高分子電解質型燃料電池の構成及び動作について図1～図3を参照して簡単に説明する。固体高分子電解質型燃料電池20は、例えばフッ素系樹脂より形成されたイオン交換膜である電解質膜1と、炭素繊維糸で織成したカーボクロスやカーボンペーパーあるいはカーボンフェルトにより形成され、上記電解質膜1を両側から挟みサンドイッチ構造をなすガス拡散電極となるアノード2及びカソード3と、そのサンドイッチ構造をさらに両側から挟む膨張黒鉛成形体からなるセパレータ4、4とから構成される単セル5の複数組を積層し、その両端に図示省略した集電板を配置したスタック構造に構成されている。

【0016】上記膨張黒鉛成形体から構成される両セパレータ4は、図2に明示するように、その周辺部に、水素を含有する燃料ガス孔6、7と酸素を含有する酸化ガス孔8、9と冷却水孔10とが形成されており、上記単セル5の複数組を積層した時、各セパレータ4の各孔6、7、8、9、10がそれぞれ燃料電池20内部をその長手方向に貫通して燃料ガス供給マニホールド、燃料ガス排出マニホールド、酸化ガス供給マニホールド、酸化ガス排出マニホールド、冷却水路を形成するようになっている。

【0017】また、上記両セパレータ4の表面には、ジグザグ状の溝部11が形成されており、図3に明示するように、上記ジグザグ状溝部11とアノード2の表面との間に燃料ガス流路12が形成されるとともに、ジグザグ状溝部11とカソード3の表面との間に酸化ガス流路13が形成されている。

【0018】上記構成の固体高分子電解質型燃料電池20においては、外部に設けられた燃料ガス供給装置から燃料電池20に対して供給された水素を含有する燃料ガスが上記燃料ガス供給マニホールドを経由して各単セル5の燃料ガス流路12に供給されて各単セル5のアノード2側において既述(1)式で示したとおりの電気化学反応を呈し、その反応後の燃料ガスは各単セル5の燃料ガス流路12から上記燃料ガス排出マニホールドを経由

して外部に排出される。同時に、外部に設けられた酸化ガス供給装置から燃料電池20に対して供給された酸素を含有する酸化ガス(空気)が上記酸化ガス供給マニホールドを経由して各単セル5の酸化ガス流路13に供給されて各単セル5のカソード3側において既述(2)式で示したとおりの電気化学反応を呈し、その反応後の酸化ガスは各単セル5の酸化ガス流路13から上記酸化ガス排出マニホールドを経由して外部に排出される。

【0019】上記(1)及び(2)式の電気化学反応に伴い、燃料電池20全体としては既述(3)式で示した電気化学反応が進行して、燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換することで、所定の電池性能が発揮される。なお、この燃料電池20は、電解質膜1の性質から約80～100℃の温度範囲で運転されるために発熱を伴う。そこで、燃料電池20の運転中は、外部に設けられた冷却水供給装置から該燃料電池20に対して冷却水を供給し、これを上記冷却水路に循環させることによって、燃料電池20内部の温度上昇を抑制している。

【0020】次に、上記のような構成及び動作を有する固体高分子電解質型燃料電池20におけるセパレータ4の製造方法について説明する。図4は本発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4の一例を示す外観斜視図、図5は図4のA-A線に沿った縦断面図であり、この膨張黒鉛製燃料電池セパレータ4は、全体が矩形状で厚みが均一な図4に示すような膨張黒鉛シート15の表層部分15aのうち、燃料ガス流路12及び酸化ガス流路13を形成する部分にマイクロプラスト加工、レーザー加工、プラズマ加工、マイクログラインド加工等の手段を施してその部分を除去することにより、全体の厚みTに対して10%以上の深さdを有するジグザグ状溝部11を形成した後、上記表層部分15a及びジグザグ状溝部11からなる凹凸部分に相当する凹凸形状を有する押し型14を用いて少なくとも一部を均等に加圧して凹凸部分間の密度差が30%未満、好ましくは10%未満になるように所定の形態に成形した膨張黒鉛成形体から構成されている。

【0021】上記構成の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4では、膨張黒鉛シート15の表層部分15aにジグザグ状溝部11を高精度に形成することが可能であり、したがって、そのジグザグ状溝部11から形成される燃料ガス流路12及び酸化ガス流路13内に燃料ガス及び酸化ガスをスムーズに流動させるとともに、上記した単セル5の複数組を積層してスタック構造に構成された固体高分子電解質型燃料電池20が発生した電気を密度差の小さい膨張黒鉛シート15の電気伝導特性を利用して良好に伝導させ、優れた電池性能を発揮させることが可能である。

#### 【0022】

【実験例】実施例1：図6に示すような市販されている

膨張黒鉛シート15（厚み $T1=1.5\text{ mm}$ 、密度 $1.0\text{ g/cm}^3$ ）を使用して、その片側表面に深さ $d1=0.5\text{ mm}$ 、幅 $w=1\text{ mm}$ のジグザグ状の溝パターンPをマイクロブラスト加工にて除去して形成し、その後、上記溝パターンPに相当する凸部を有する押し型を使用して全体をプレス加圧することで、図4及び図5に示すように、全体の厚み $T=1.13\text{ mm}$ で、深さ $d=0.33\text{ mm}$ のジグザグ状溝部11を有する膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4を成形した。この実施例1の燃料電池用セパレータ4では、ジグザグ状溝部11とそれ以外の部分との密度差が $\pm 10\%$ 以内となり、また、正確なパターンで高精度なジグザグ状溝部11を形成することが可能で、全面に亘って均一な導電性能を発揮させることができる。

【0023】実施例2：最終成形体、つまり、セパレータ4の凸部となる部分の形状に打ち抜いた厚み $t0.38\text{ mm}$ 、密度 $1.0\text{ g/cm}^3$ の膨張黒鉛シート15Aの3枚と、打ち抜き加工が施されてなく、上記膨張黒鉛シート15Aと同一厚み（ $t=0.38\text{ mm}$ ）、同一密度（ $1.0\text{ g/cm}^3$ ）の膨張黒鉛シート15Bの1枚とを準備し、これら4枚の各シート15A、15Bの表裏両面をマイクロブラスト加工して3重量%を除去した後、各シート15A、15Bの中間部にそれぞれこれら膨張黒鉛シート15A、15Bの密度よりも低い密度（ $0.01\text{ g/cm}^3$ ）の膨張黒鉛粒体を介在させた状態で4枚の膨張黒鉛シート15A、15Bを積層し、かつ、加圧成形して接着剤無しで互に一体化することにより、図7に示すように、全体の厚み $T=1.0\text{ mm}$ で、深さ $d=0.75\text{ mm}$ のジグザグ状溝部11を有し、密度 $1.5\text{ g/cm}^3$ の膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4を成形した。この実施例2の燃料電池用セパレータ4では、ジグザグ状溝部11とそれ以外の部分との密度差が $\pm 8\%$ 以内となり、全面に亘って均一な電気伝導特性を発揮させることができるとともに、溝部11の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥は全く観察されず、所定の寸法、形状のガス流路12、13を備えたセパレータ4を精度よく製造することが可能である。

【0024】従来品1：厚み $t0.38\text{ mm}$ 、密度 $1.0\text{ g/cm}^3$ の膨張黒鉛シート15Aの4枚を接着剤16を使用して接着一体化して図8に示すような厚み $1.52\text{ mm}$ の膨張黒鉛シート15を作製し、この膨張黒鉛シート15を、最終成形体に必要な深さ $d=0.75\text{ mm}$ のジグザグ状溝部のパターンに相当する凸部を有する押し型を使用して加圧成形して最終成形体である図9に示すような膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ4を成形した。この従来品1の成形方法では、ジグザグ状溝部11として、 $0.5\text{ mm}$ 以上の深さに形成することが困難であるばかりでなく、深さが $0.5\text{ mm}$ 未満であっても、ジグザグ状溝11の角部表面には割れや膨れ等の異常や欠陥xが多く発生するとともに、ジグザグ状溝部11と

それ以外の部分との密度差が $30\%$ を越えるものとなり、全面に亘って電気伝導特性が不均一なものとなった。

【0025】なお、上記実施例1及び実施例2は、共に膨張黒鉛成形体の形態がシート状のものである場合について説明したが、この他に厚さの大きい板状の膨張黒鉛成形体に適用しても同様な効果を奏するものである。

【0026】また、上記実施例2においては、膨張黒鉛シート15A、15Bの積層一体化を接着剤無しで行なっているが、導電性を有するフェノール系やエポキシ系等の樹脂接着剤を併用してもよいことももちろんである。

【0027】さらに、上記図1～7に示される溝パターンは、単なる一例に過ぎず、本発明はそれに限定されるものでなく、直線状の溝パターンなどであってもよい。

【0028】

【発明の効果】以上のように、請求項1及び2に記載の発明によれば、厚みの異なる凹凸部分間での膨張黒鉛の密度差を $30\%$ 未満になるように成形した膨張黒鉛成形体から燃料電池用セパレータを構成しているので、密度差に起因する凹凸部分間での歪や反り、熱伝導特性、電気伝導特性、機械的特性などのばらつきを非常に少なくすることが可能となり、複雑形状や大形サイズのセパレータであっても、そのセパレータ（製品）全体に亘って膨張黒鉛が本来有する諸特性を十分に発揮させることができるとともに、殊に燃料ガス及び酸化ガス流路を非常に高精度に形成してセパレータ全体の寸法精度の向上を図ることができる。したがって、燃料電池用セパレータとして使用した場合、その全域に亘って優れた導電性能、冷却性能を保持させて電池性能の向上を図ることができるという効果を奏する。

【0029】また、請求項3～5に記載の発明によれば、凸部に形状不良や材料欠損を生じることがなく、すなわち、凸部の角部表面に割れや膨れなどの異常や欠陥を発生することなく、所定の寸法、形状の膨張黒鉛成形体を精度よく製造することができ、燃料ガス及び酸化ガスの流れを正常、円滑にできるとともに、凹凸部分間での密度差も非常に小さくして、密度差に起因する凹凸部分間での熱伝導特性、電気伝導特性、機械的特性などのばらつきが小さく、膨張黒鉛の持つ諸特性を十分に活用できる燃料電池用セパレータを容易に製造することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のセパレータを備えた固体高分子電解質型燃料電池を構成するスタック構造の構成を示す分解斜視図である。

【図2】同上固体高分子電解質型燃料電池におけるセパレータの外観正面図である。

【図3】同上固体高分子電解質型燃料電池の構成単位である単セルの構成を示す要部の拡大断面図である。

【図4】本発明に係る膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ

の一例で、実施例1の相当品であるセパレータの外観斜視図である。

【図5】図4のA-A線に沿った縦断面図である。

【図6】図4、図5の燃料電池用セパレータの基材として用いられる膨張黒鉛シートの斜視図である。

【図7】実施例2の相当品である燃料電池用セパレータの外観斜視図である。

【図8】従来品1の相当品である燃料電池用セパレータの基材として用いられる膨張黒鉛シートの縦断面図である。

【図9】図8の膨張黒鉛シート基材を用いて成形された

従来品1の相当品である燃料電池用セパレータの外観斜視図である。

【符号の説明】

4 膨張黒鉛製燃料電池用セパレータ

11 ジグザグ状溝部（凹部分の例）

12 燃料ガス流路

13 酸化ガス流路

14 押し型

15, 15A, 15B 膨張黒鉛シート

15a 表層部（凸部分の例）

20 固体高分子電解質型燃料電池